

ウォータジェットによる非破壊検査法（水撃音響法）の加振周波数

熊本大学 正会員 ○森 和也
熊本大学 徳臣 佐衣子

1. 目的

打音法あるいは衝撃弾性波法は、欠陥の存在によって発生する特異な振動数（たわみ振動や繰り返し反射の振動数）を含む周波数域の加振をおこない、欠陥の存在の有無を判定する。したがって、加振周波数をあらかじめ把握しておく必要がある。本論文では、ウォータジェットによる非破壊検査法である水撃音響法⁽¹⁾における直噴ウォータガンと層流ウォータガンの加振周波数の帯域について調べた。

2. 水撃音響法

水撃音響法の原理を図1に示す。ウォータガンからウォータジェットを放出して、被検査体である構造物にウォータジェットを打ち当てる。この時発生する音響をマイクで収集する。構造物に、うき・はく離などがある場合は、特異な反響音が発生するため、この反響音から欠陥の有無を判定する。

3. 加振周波数の計算方法

ウォータジェットによる加振周波数は、衝撃力 F の時間変化を高速フーリエ変換して求めた。衝撃力 F は、図2に示すように、水滴を球形と仮定し水滴が壁面で速度を失うとして、水滴の速度 V と接触面積 πR^2 から（ R は接触半径）から求めた。 R は、 V と水滴直径 D および接触時間 t から求められる。 D は、図1に示す一個の水滴を作った水柱の体積 $\pi d^2 / 4 \times s'$ から概算した。ここで、 s' は、一個の水滴を構成した水柱の長さで、前後に位置する二つの水滴の間隔の半分の値となる。この s' の値は、実際のウォータジェットを高速度カメラで撮影し（シャッタースピード 1/32000 秒）、個々の水滴の座標を測定して算出した。

本論文では、図3に示す直噴ノズルを有する直噴ウォータガンと、図4に示す層流ウォータガンを用いて、ウォータジェットによる衝撃力を測定した。直噴ウォータガンのウォータジェットは乱流で、層流ウォータガンのウォータジェットは層流となる。ウォータジェットの速度 V を 10m/s、ノズル直径 d を二種類の 3mm と 5mm とした。

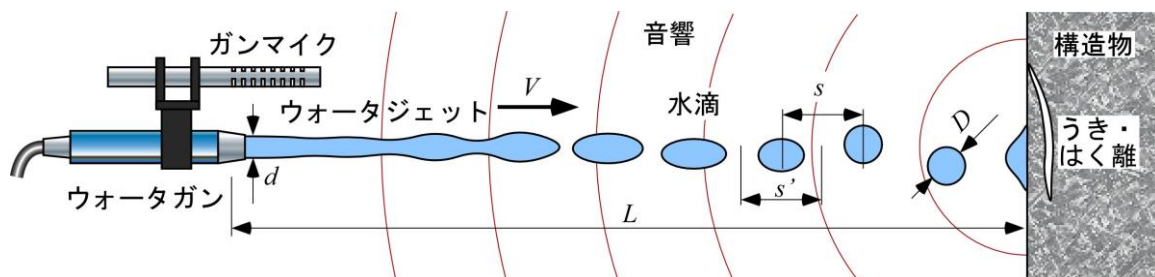


図1 水撃音響法の原理

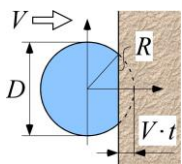


図2 衝撃力

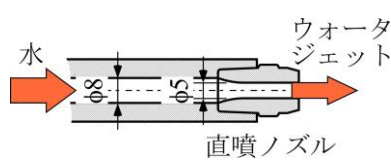


図3 直噴ウォータガン

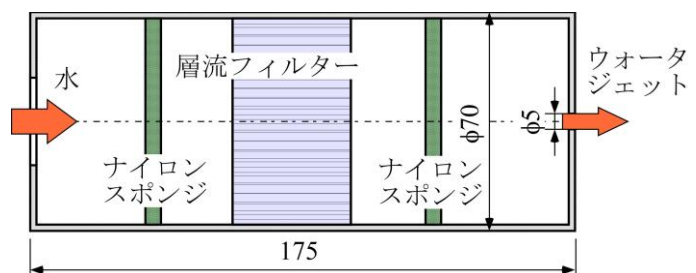


図4 層流ウォータガン

キーワード 非破壊検査, 水撃音響法, 加振周波数

連絡先 〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39-1 熊本大学大学院先端科学研究部 TEL096-342-3739

4. 実験および解析結果

図5と図6は、ノズル径5mmの直噴と層流のウォーターガンから放出されたウォータージェットの水の先端から1.4mから1.8mにおける水滴の写真である。スクリーン上の水滴の影の位置から水滴の座標を測定した。

直噴のウォータージェットは水滴の間隔および大きさのばらつきが大きく、層流のウォータージェットは間隔および大きさのばらつきが小さい。ノズル径3mmの結果は、いずれも水滴の大きさと間隔が小さくなった。

図7と図8は、図5と図6から求められた水滴の座標を用いて算出した直噴と層流のウォーターガン($d = 5\text{mm}$)の衝撃力である。

図9と図10は、直噴と層流ウォーターガンによる20msの衝撃力から求めた周波数スペクトルの四個の平均である($d = 3\text{mm}, 5\text{mm}$)。直噴ウォーターガンは水滴間隔が広いいため水滴が壁面を叩く周期が遅くなり周波数帯域のピークが低めに出る。ノズルの径が小さいほど水滴の間隔が狭くなるので、周波数スペクトルは高めにでる。これらの結果から、0.5kHz未満の低い加振周波数が必要な場合は、直噴ウォーターガンを用いるのが妥当である(ノズル径 $d = 3\text{mm}$ または 5mm で、ウォータージェット速度 $V = 10\text{m/s}$ の場合)。

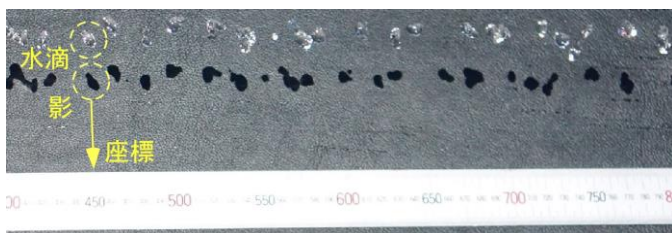


図5 直噴ウォーターガン(5mm)のウォータージェット

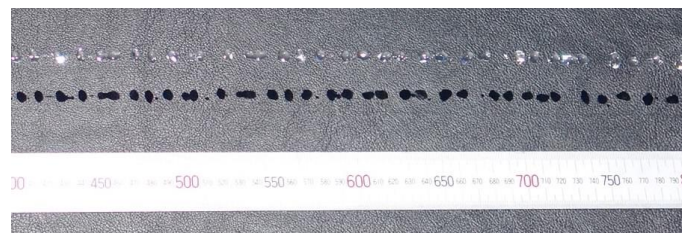


図6 層流ウォーターガン(5mm)のウォータージェット

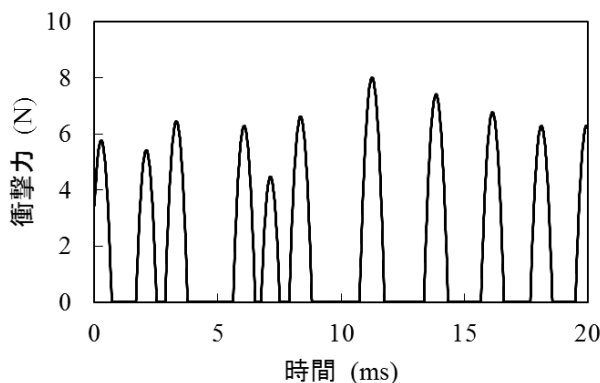


図7 直噴ウォーターガン(5mm)の衝撃力

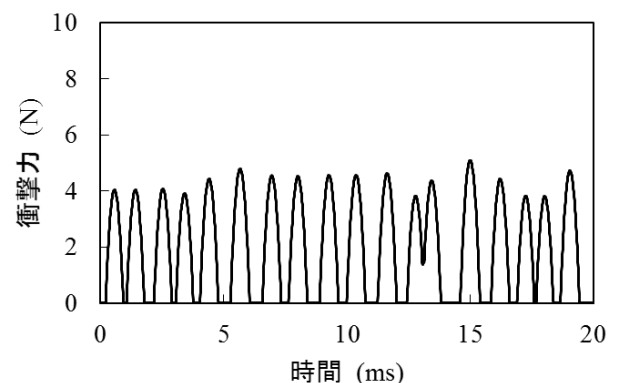


図8 層流ウォーターガン(5mm)の衝撃力

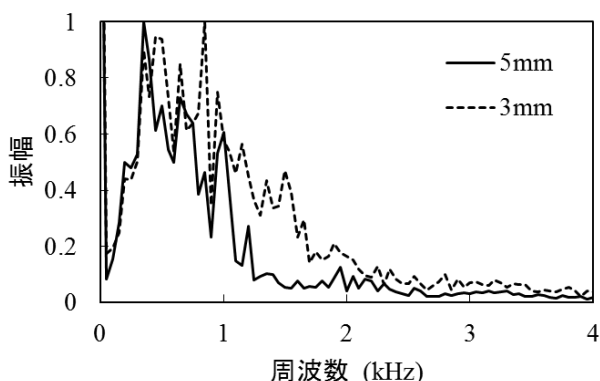


図9 直噴ウォーターガンの加振周波数

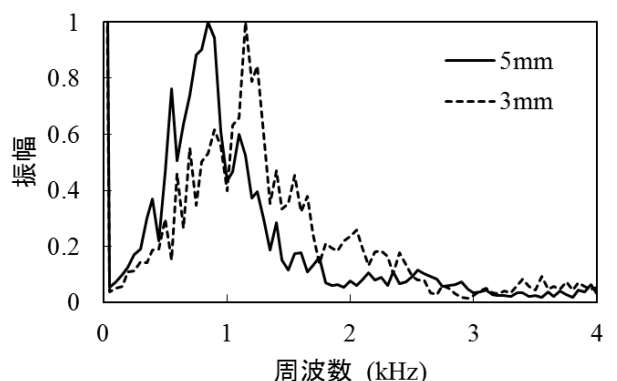


図10 層流ウォーターガンの加振周波数

謝辞

・本研究は科研費(16K06471)の助成を受けたものである。ここに感謝の意を表する。

参考文献

(1) 森和也, 徳臣佐衣子: ウォータージェットを用いた構造物の遠隔非破壊試験法, コンクリート工学年次論文集, Vol. 38, No. 1, pp. 2097-2102, 2016